

作付け実施水田土壌における放射性セシウムの濃度分布と灌漑用水による負荷量の推定
 Spatial distribution of radioactive cesium concentration in soil at a paddy plot
 and estimation of its loading through irrigation water

保高徹生*, 川辺能成*, 佐藤利夫**, ○中村公人***

Tetsuo Yasutaka*, Yoshishige Kawabe*, Toshio Sato**, Kimihito Nakamura***

1. はじめに 福島第一原子力発電所から放出された放射性物質の多くは山林に沈着し、降雨等に伴い山林から徐々に環境水中に流出すると考えられる。放射性セシウムが沈着した山林からの流出水には、微量の放射性セシウムが含有されており（文部科学省，2011），これらの水を灌漑用水として利用することによる水田の汚染もしくは再汚染が懸念されている。ここでは、灌漑用水中の放射性セシウムの水田への影響評価を目的として、2011年度に作付けを行った福島県内の阿武隈高地に位置する3筆の水田圃場を対象に行った土壌中の放射性セシウム濃度の測定結果を報告する。

2. 調査方法 調査対象とした圃場内において地表面から地上1cmの1秒あたりの放射線数(CPS)の空間分布をGEORADIS社製のRT-30等を用いて測定するとともに、取水口付近およびそれ以外の複数地点において深さ0~15cmおよび深度毎(0~1cm, 1~5cm, 5~10cm, 10~15cm等)の土壌の放射性セシウム濃度を測定した。測定にはゲルマニウム半導体検出器を用いた。調査は2011年12月に行った。水田Aは地表面から高さ1mに存在するパイプから取水しており、収穫後耕起を実施していた。また、水田B, Cの取水口は圃場標高と同レベルに存在し、収穫後耕起を実施していなかった。各圃場の特徴をTable 1に示す。いずれの圃場も用排分離がなされていないが、水田A, Bは水田Cよりも用水に排水の影響を受ける位置に存在する。

3. 結果

(1) 土壌中の放射性セシウム濃度 水田A, Bの放射性セシウム濃度の結果をTables 2, 3に示す。水田Aでは、取水口付近以外において、地表面1cmのCPSが1,800~2,000カウントであったのに対し、取水口付近の9m²の範囲のCPSが2,500~5,000カウントと高かった。また、取水口付近以外の圃場内4地点の表層15cmの平均濃度が2,700 Bq/kgであるのに対し、取水口付近の同深さの濃度は30,700 Bq/kgと10倍以上高い。水田Bでは、圃場の上流側のCPSが下流側の2倍程度のカウント数であった。上流側の3地点の表層15cmの濃度は3,100~4,600 Bq/kgであり、下流側2地点(2,000~2,700 Bq/kg)と比較して高い。水田Cにおいては、表層15cmの濃度に大きな空間的違いはみ

Table1 調査実施圃場概要 Outline of the investigated plots

	水田A	水田B	水田C
面積	約1800m ²	約900m ²	約600m ²
代かき	5月	5月	5月
中干し	7月	7月	7月
収穫後耕起	あり	なし	なし
田越し灌漑	なし	なし	なし
灌漑用水	河川水	河川水	河川水
取水口高さ	地表面から 1m	地表面と 同じ	地表面と 同じ

Table 2 放射性セシウムの濃度分布(水田A, 表層15cm)
 Radioactive Cs concentrations in soil (Paddy A, 0-15cm depth)

取水口以外の圃場 4地点の濃度範囲	1,900~3,500 Bq/kg ^{※1} 平均2,700 Bq/kg
取水口付近	30,700 Bq/kg
比率 ^{※2}	11.4

※1 放射性Cs濃度は乾土換算で算定

※2 取水口付近濃度/取水口付近以外圃場平均濃度

* 独立行政法人産業技術総合研究所 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, ** 日本環境科学株式会社 Japan Environment Science Corporation, *** 京都大学農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kyoto University
 Keywords: 放射性セシウム, 水田土壌, 灌漑用水

られなかった。

深度別の土壌濃度に関しては、水田 B において、表層 1cm の放射性セシウム濃度が圃場全体の平均値と比較して 2 倍程度であることが確認された。また、水田 C では、表層 1cm の濃度がそれ以外の深度の濃度の 1.5～2.4 倍であることが確認された。両圃場とも代かきが行われ、土壌が攪拌されたにも関わらず表層で高濃度を示したのは、代かき後の土粒子の沈降過程で粒径の小さな画分が表層に堆積したことが要因の一つと考えられるが、灌漑用水の影響も否定できない。

(2) 灌漑用水による流入負荷量の推定 灌漑用水の流入による水田への放射性セシウムの負荷量を、水田 A の深度方向の土壌濃度分布および地表面上 1cm の CPS から試算した。水田 A では取水口が高い位置にあるため、CPS のカウントが高かった 9m² の範囲に灌漑用水の流入による放射性セシウムが蓄積したと考え、この領域の濃度とそれ以外の平均濃度の差が灌漑用水による流入負荷によるものと仮定した。計算では土壌の乾燥密度を 1.0g/cm³ とした。なお、表層 15cm のセシウム濃度は地表面上 1cm の CPS に比例するとし、取水口付近のセシウムの蓄積領域内の濃度は、その領域内で多点測定した CPS から推定した。その結果、灌漑用水による負荷量は 4,700Bq/m² と算定され、フォールアウトによる水田への負荷量 (406,000Bq/m²) の 1% 程度と推定された。

対象圃場の灌漑用水の放射性セシウム濃度の実測値はないものの、付近の河川のモニタリングデータ (文部科学省, 2011) では ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs の合計で 0.4～0.7 Bq/L であった。灌漑期の水田への用水量を 1,800mm とし流入負荷量を推定すると、700～1,300Bq/m² となり、上記で試算された灌漑用水による負荷量は、これの 4～7 倍程度であった。実際は上流圃場の排水の影響を受けた用水が流入していたと考えられる。

4. 考察 水田 A の取水口付近の土壌表層の放射性セシウム濃度の高まりは、2011 年度の稲作における灌漑用水の流入に伴い放射性セシウムが水田内に流入したため生じたと考えられる。灌漑用水の流入に伴う放射性セシウムの流入の原因としては、1) 森林からの流出水中に含まれる溶存態の放射性セシウム、2) 森林からの流出水中に含まれる細粒分 (有機物、土粒子) に付着している放射性セシウム、3) フォールアウト時に用水路内の堆積細粒分に付着した放射性セシウムの流入、4) 上流側の水田排水に含まれる付着態放射性セシウムの流入、の 4 つが考えられるが、これらの寄与率は現段階ではわかっていない。

本調査を実施した水田圃場においては、灌漑用水の流入に伴う放射性セシウムの追加負荷量は、フォールアウトによる負荷量と比較して 1% 程度であり現時点では緊急的な措置は必要ないと考えられる。一方、2012 年度以降も同レベルの放射性セシウムの流入が継続するのであれば、長期的な蓄積による影響が懸念されるため、適切な流入防止策を検討することが望ましいと考えられる。

5. おわりに 今後は、灌漑に伴う水田への放射性セシウムの流入量および存在形態を勘案した適切なモニタリングを行い、灌漑用水による影響が大きい水田タイプ (水源の集水域の特性、取水口の形状、圃場の形状等による違い) を抽出することが重要と考えられる。

引用文献 文部科学省(2011)：文部科学省による放射性物質の分布状況等に関する調査研究 (河川水・井戸水における放射性物質の移行調査) の結果について、http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/017/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2011/10/27/1312442_4.pdf (確認日：2012/04/05)

Table 3 放射性セシウムの濃度分布 (水田 B, 表層 15cm)
Radioactive Cs concentrations in soil (Paddy B, 0-15cm depth)

圃場平均値	3,000 Bq/kg ^{※1}
上流側 3 地点	3,100～4,600 Bq/kg
下流側 2 地点	2,000～2,700 Bq/kg
比率 ^{※2}	1.7

※1 放射性 Cs 濃度は乾土換算で算定

※2 上流側平均濃度/下流側平均濃度